

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 78 04714

⑤④ **Echangeur thermique à tubes à ailettes.**

⑤① Classification internationale (Int. Cl.²). **F 28 F 13/00; F 15 D 1/12; F 28 F 1/32.**

②② Date de dépôt **20 février 1978, à 15 h 9 mn.**

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande **B.O.P.I. — «Listes» n. 37 du 14-9-1979.**

⑦① Déposant : Société dite : **GEA LUFTKUHLERGESELLSCHAFT HAPPEL G.M.B.H. & CO.
KG., résidant en République Fédérale d'Allemagne.**

⑦② Invention de :

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : **Cabinet Plasseraud.**

L'invention est relative à un échangeur thermique à tubes à ailettes, comportant un tube ou plusieurs tubes disposés selon au moins une rangée de tubes, d'axes parallèles disposés à une certaine distance latéralement l'un de l'autre, notamment des
5 tubes de section droite extérieure circulaire, sur lequel ou sur lesquels tubes sont fixées des ailettes, en contact de tous côtés avec la paroi extérieure de chaque tube, disposées perpendiculairement à l'axe de celui-ci et à la même distance l'une de l'autre, ce ou ces tubes étant léchés, perpendiculairement à leurs axes,
10 par un écoulement de fluide extérieur, tandis qu'à l'intérieur des tubes se trouve un fluide intérieur, en relation d'échange thermique avec le fluide extérieur et les ailettes comportent des empreintes destinées à guider le fluide extérieur qui circule entre elles.

15 Dans un échangeur thermique à tubes à ailettes de ce genre, selon les températures des fluides extérieur et intérieur, s'effectue une cession de chaleur soit du fluide extérieur au fluide intérieur, soit en sens inverse. D'autre part, les fluides extérieur et intérieur peuvent être constitués par des liquides et/ou
20 par des gaz. Le fluide extérieur est amené par tirage naturel ou artificiel entre les ailettes perpendiculairement aux axes des tubes, par exemple en utilisant un ventilateur lorsque le fluide extérieur est constitué par un gaz.

L'échange thermique entre les fluides extérieur et intérieur
25 s'effectue par rayonnement, par conduction et par convection, mais plus particulièrement cependant par voie de convection, la chaleur étant transmise par des particules matérielles, en mouvement les unes par rapport aux autres, d'un emplacement chaud à un emplacement plus froid. L'échange thermique, notamment l'échange
30 thermique par convection, dépend d'une manière importante de la nature de l'écoulement du fluide extérieur autour des tubes et de leurs ailettes.

L'échange thermique est réduit d'une part par le fait que le long des parois extérieures des tubes et le long des surfaces
35 extérieures des ailettes, il se forme des couches limites laminaires d'épaisseur relativement grande qui perturbent particulièrement surtout l'échange thermique par convection et entraînent de faibles coefficients de transmission calorifique. Une diminution de l'échange thermique est produite en outre par les trous d'écoulement, qui
40 se forment dans les régions périphériques des tubes situés en a-

vant, par rapport à la direction d'écoulement, c'est-à-dire dans l'ombre portée par les tubes par rapport à l'écoulement. Dans ces trous d'écoulement, le mouvement du fluide extérieur est relativement faible du fait qu'il ne s'y produit que des tourbillons de
5 faible intensité ; dans ces conditions, les valeurs en ces endroits des coefficients de transmission calorifique sont donc considérablement plus petites que dans les régions touchées par l'écoulement principal.

Dans un échangeur thermique à tubes à ailettes du genre
10 précité, les empreintes formées dans les ailettes limitent la création de couches limites laminaires. On sait réaliser ces empreintes sous forme de surfaces estampées dans les ailettes qui sont disposées parallèlement ou légèrement obliquement par rapport à l'écoulement de fluide extérieur qui passe entre les ailettes
15 perpendiculairement aux axes des tubes. Sous l'action de ces empreintes, que l'on peut appeler pieds de tourbillons, le fluide extérieur, lorsqu'il atteint leurs arêtes, est subdivisé de manière répétée et le fluide extérieur, grâce à ces petits tourbillons localisés, est amené plus près des surfaces extérieures des ai-
20 lettes.

Grâce à ces pieds de tourbillons connus, l'échange thermique est bien amélioré, mais l'accroissement de la transmission calorifique est encore insuffisant, car les coefficients de transmission calorifique, localisés ne sont ainsi régulièrement augmen-
25 tés que dans les régions des surfaces extérieures des ailettes, qui sont plus éloignées des parois extérieures des tubes. En particulier, dans de tels échangeurs thermiques équipés de pieds de tourbillons, les trous d'écoulement précités se produisent d'une manière inchangée et ne permettent pas d'échange thermique suffi-
30 samment important.

L'invention a donc pour but de perfectionner un échangeur thermique à tubes à ailettes du genre décrit au préambule de telle manière que les coefficients locaux de transmission calorifique soient augmentés aussi bien dans la région des parois extérieures
35 des tubes que dans les régions des surfaces extérieures des ailettes et qu'on puisse ainsi obtenir un échange thermique entre les fluides extérieur et intérieur plus grand que dans les échangeurs thermiques à tubes à ailettes connus de ce genre.

Ce problème est résolu, conformément à l'invention, par
40 le fait qu'à partir du plan de chaque ailette, dans la région de

celle-ci avoisinant la paroi extérieure du tube est formé, de chaque côté, par rapport à la direction d'écoulement du fluide extérieur, du tube, un canal de guidage de section de préférence à peu près semi-circulaire, destiné à guider l'écoulement de fluide à l'intérieur de ce canal, pour l'amener dans la région périphérique du tube, dans l'ombre portée par celui-ci par rapport à l'écoulement, tous ces canaux de guidage de toutes les ailettes étant formés dans le même sens à partir des plans des ailettes.

Dans un échangeur thermique à tubes à ailettes réalisé de cette manière, on obtient une amélioration de la transmission calorifique principalement par le fait que des trous d'écoulement situés dans les ombres portées par les tubes ne peuvent absolument pas se produire. En effet, dans la région située en amont, par rapport à la direction d'écoulement, des tubes, lorsque ceux-ci sont léchés par l'écoulement, le fluide extérieur se subdivise et pénètre dans les deux canaux de guidage situés de chaque côté de chaque tube, pour être guidé à l'intérieur de ces canaux jusque dans les régions périphériques des tubes situées dans l'ombre des tubes, ce qui permet, dans les régions situées en arrière, par rapport à la direction d'écoulement, des tubes d'obtenir un meilleur échange thermique. Mais les ouvertures d'entrée et de sortie des canaux de guidage situés de chaque côté de chaque tube ont d'autre part pour action soit d'empêcher absolument la création de couches limites laminares sur les parois extérieures des tubes ou sur les surfaces extérieures des ailettes, soit de ne permettre à ces couches de ne se produire que brièvement et sous une faible épaisseur seulement ; les couches limites qui peuvent se créer sur les bords formés par les ouvertures d'entrée et de sortie précitées sont vite déchirées. Il en résulte que les conditions de transmission calorifique sont améliorées dans toutes les régions de l'échangeur thermique à tubes à ailettes.

Le mode de réalisation conforme à l'invention de l'échangeur thermique à tubes à ailettes se recommande surtout lorsqu'on utilise des tubes de section droite extérieure circulaire. Il s'applique également cependant au cas de tubes qui présentent une section droite extérieure elliptique, surtout pour de faibles excentricités d'ellipses, qui donnent lieu à la formation de trous d'écoulement plus gros que pour de grandes excentricités d'ellipse.

Dans le cas d'un échangeur thermique à tubes à ailettes réalisé conformément à l'invention, qui comporte plusieurs tubes

disposés selon au moins une rangée de tubes d'axes parallèles, situés à une certaine distance latéralement l'un de l'autre, les coefficients de transmission calorifique sont alors particulièrement élevés lorsque les tubes disposés côte à côte sont tous traversés par des ailettes communes, dans lesquelles, à partir du plan de chaque ailette, dans la région de celle-ci avoisinant le tube, est formé, de chaque côté, par rapport à la direction d'écoulement du fluide extérieur, du tube, un canal de guidage, de section droite de préférence à peu près circulaire, destiné à guider l'écoulement de fluide extérieur à l'intérieur de ce canal, pour l'amener dans la région périphérique du tube, dans l'ombre portée par celui-ci par rapport à l'écoulement, tous ces canaux de guidage de toutes les ailettes étant formés dans le même sens à partir des plans des ailettes et les canaux de guidage correspondant aux côtés en regard de deux tubes avoisinants d'une rangée de tubes se trouvant sur les parties, situées entre les deux tubes, du plan de l'ailette correspondante.

Ce mode de réalisation d'un échangeur thermique à tubes à ailettes se recommande particulièrement lorsque l'échangeur thermique comprend plusieurs tubes disposés selon au moins deux rangées de tubes, d'axes parallèles, disposés latéralement à une certaine distance l'un de l'autre. A cet égard, la configuration conforme à l'invention de l'échangeur thermique à tubes à ailettes est avantageuse en ce qui concerne l'amélioration des coefficients de transmission calorifique, par exemple aussi bien lorsque les tubes sont disposés à l'alignement l'un de l'autre que lorsqu'ils sont décalés l'un par rapport à l'autre, surtout cependant dans ce dernier cas.

Pour empêcher absolument toute formation de trous d'écoulement, il est judicieux que les deux canaux de guidage, prévus dans les ailettes, dans la région de chaque paroi extérieure d'un tube, soient disposés, dans le plan de chaque ailette, à peu près parallèlement à la paroi extérieure du tube et concentriquement par rapport à l'axe de ce tube. Dans ces conditions, à chacun des deux canaux de guidage, prévus dans les ailettes, dans la région de chaque paroi extérieure d'un tube, correspond, dans le plan d'une ailette, de préférence un angle au centre compris à peu près entre 130 et 160°, de préférence encore à peu près entre 135 et 145°.

Pour des raisons de simplification de fabrication, surtout

de l'échangeur thermique à tubes à ailettes, conforme à l'invention, il est recommandé que les deux canaux de guidage prévus dans une ailette dans la région de chaque paroi extérieure de tube soient réalisés sous forme essentiellement symétrique l'un de l'autre par rapport au plan médian, dirigé dans le sens de l'écoulement, et perpendiculairement au plan de l'ailette, du tube.

A ce même point de vue, les deux canaux de guidage prévus dans une ailette dans la région de chaque paroi extérieure de tube sont avantageusement réalisés sous forme essentiellement symétrique l'un de l'autre par rapport au plan médian dirigé perpendiculairement au sens de l'écoulement et perpendiculairement au plan de l'ailette. Cette dernière symétrie offre d'autre part la possibilité de faire parcourir l'échangeur thermique en sens contraire sans modifier les conditions d'écoulement ni de transmission calorifique.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les ouvertures d'entrée et de sortie des deux canaux de guidage, prévus dans une ailette dans la région de chaque paroi extérieure de tube, sont constitués par des entailles dirigées dans l'ailette à peu près radialement par rapport à l'axe d'un tube. Avec ce mode de réalisation des ouvertures d'entrée et de sortie, les entailles correspondantes des ailettes sont disposées suivant la direction du flux de chaleur à l'intérieur des ailettes, ce qui réduit à une faible valeur la résistance de conduction thermique des ailettes.

Selon un mode de réalisation de l'invention, chaque canal de guidage est subdivisé en au moins deux éléments de canal, la région de raccordement située entre deux éléments avoisinants d'un canal de guidage étant située dans le plan de l'ailette. De cette manière, sont formées en plus, dans la région des canaux de guidage, des arêtes contre lesquelles le fluide extérieur arrivant en amont des canaux de guidage est subdivisé à son arrivée, avec pour conséquence par exemple que les couches limites laminaires relativement minces, qui se forment éventuellement cependant à la surface extérieure des ailettes et qui perturbent la transmission calorifique, sont déchirées relativement rapidement. De ce fait, l'échange thermique entre les fluides extérieur et intérieur se trouve encore augmenté.

La subdivision précitée de chaque canal de guidage en au moins deux éléments de canal est, en particulier, préférable dans un échangeur thermique qui comporte plusieurs tubes, disposés selon

au moins deux rangées de tubes alignés d'une rangée à l'autre, d'axes parallèles, disposés à une certaine distance latéralement l'un de l'autre. Lorsque les tubes sont disposés à l'alignement l'un de l'autre, il se forme en effet des couches limites laminaires plus importantes que lorsque les tubes sont décalés l'un par rapport à l'autre.

Si dans un échangeur thermique à tubes à ailettes conforme à l'invention, chaque canal de guidage est subdivisé, de la manière indiquée, en au moins deux éléments de canal, la région de raccordement comprise entre deux éléments avoisinants d'un canal de guidage se trouvant dans le plan de l'ailette, il est recommandé que les deux ouvertures intermédiaires, situées en regard l'une de l'autre, de deux éléments avoisinants d'un canal de guidage, soient constituées aussi par deux entailles dirigées dans l'ailette à peu près radialement par rapport à l'axe d'un tube. Cette disposition est avantageuse ici encore pour obtenir une plus faible résistance de conduction calorifique des ailettes.

Il est avantageux en outre que les ailettes disposées l'une au-dessus de l'autre présentent toutes les mêmes caractéristiques géométriques et que leurs canaux de guidage correspondants, y compris leurs éléments de canaux séparés éventuellement prévus, soient disposés respectivement l'un au-dessus de l'autre. Dans ces conditions, la fabrication des ailettes se trouve encore simplifiée.

Principalement, lorsque les ailettes disposées l'une au-dessus de l'autre présentent toutes les mêmes caractéristiques géométriques et que leurs canaux de guidage correspondants, y compris leurs éléments de canaux séparés éventuellement prévus, sont disposés respectivement l'un au-dessus de l'autre, il est préférable que la hauteur de chaque canal de guidage soit au moins égale à la moitié de la distance séparant les ailettes. On est assuré ainsi que les arêtes formées dans la région des canaux de guidage sont suffisamment dégagées, et qu'elles produisent ainsi une subdivision suffisamment importante du fluide extérieur qui arrive sur elles, et que les parois des canaux de guidage peuvent participer complètement, sur toute la largeur du canal, à l'échange thermique. D'autre part, la hauteur de chaque canal de guidage est de préférence au plus égale à la distance entre ailettes.

Notamment, pour simplifier la fabrication de l'échangeur thermique à tubes à ailettes conforme à l'invention, il est également recommandé que la largeur, mesurée perpendiculairement à

l'axe d'un tube, de chaque canal de guidage et sa hauteur, sur toute la longueur du canal, soient essentiellement égales.

Si l'échangeur thermique à tubes à ailettes comporte plusieurs tubes, disposés selon au moins une rangée de tubes d'axes parallèles, disposés à une certaine distance latéralement l'un de l'autre, il est en outre avantageux, au point de vue de la technique calorifique, que la largeur, mesurée perpendiculairement à l'axe d'un tube, de chaque canal de guidage et l'espacement extérieur minimal de deux tubes avoisinants soient dans un rapport compris entre à peu près $1/5$ et $1/3$. Avec un tel rapport entre la largeur d'un canal de guidage et l'espacement extérieur minimal de deux tubes avoisinants, les canaux de guidage sont suffisamment larges pour que les courants de fluide extérieur qui les parcourent et qui s'écoulent latéralement par rapport aux canaux de guidage soient en soi suffisamment importants pour assurer des coefficients de transmission calorifique élevés dans toutes les régions des parois extérieures des tubes et des surfaces extérieures des ailettes. Comme on le sait, dans un échangeur thermique à tubes à ailettes du genre décrit au préambule, le rapport entre l'espacement extérieur minimal de deux tubes avoisinants et leur diamètre extérieur est de préférence inférieur à 3.

L'invention est expliquée plus en détail ci-après à l'aide d'un de ses modes de réalisation, pris à titre illustratif mais nullement limitatif, en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en plan, de dessus, suivant la direction des axes des tubes d'une partie d'un échangeur thermique à tubes à ailettes de la technique antérieure.
- la figure 2 est une vue analogue à la figure 1 d'une partie d'échangeur thermique à tubes à ailettes conforme à l'invention et
- la figure 3 est une coupe suivant la ligne III-III de la figure 2.

L'échangeur thermique à tubes à ailettes de la figure 1 et celui des figures 2 et 3 comportent tous deux cinq tubes d'axes parallèles, disposés selon deux rangées successives disposées côte à côte avec le même espacement extérieur A et décalés d'une rangée à l'autre ; sur ces tubes 1 de section intérieure et extérieure circulaire sont emmanchées des ailettes rectangulaires 2 disposées perpendiculairement aux axes des tubes, à égale distance T l'une de l'autre,

les éléments d'ailettes situés dans un même plan constituant une ailette continue 2 commune à tous les tubes disposés côte à côte. Les ailettes 2 sont fixées, de préférence par brasage, aux tubes de diamètre extérieur D d'une manière assurant un bon contact de
 5 conduction calorifique avec la paroi extérieure de chaque tube. Ces ailettes 2 sont maintenues à la distance T l'une de l'autre, d'une manière connue, par des entretoises qui n'ont pas été représentées ici.

Les tubes 1 sont léchés par un écoulement de fluide extérieur, perpendiculairement à leurs axes X, suivant la direction
 10 des flèches S, tandis qu'à l'intérieur des tubes se trouve un fluide intérieur qui échange de la chaleur avec le fluide extérieur.

Dans l'échangeur thermique classique de la figure 1, les ailettes 2 sont absolument planes; dans l'échangeur thermique
 15 conforme à l'invention de la figure 2, elles présentent au contraire des empreintes 3 destinées à guider le fluide extérieur qui s'écoule entre elles.

Ces empreintes 3 sont formées, à partir du plan de chaque ailette 2, dans les régions de celle-ci avoisinant le pourtour extérieur de chaque tube et à une certaine distance de celui-ci, pour
 20 constituer les canaux de guidage 3a, 3b, destinés à guider à leur intérieur le fluide extérieur pour l'amener dans la région périphérique de chaque tube 1 située dans l'ombre portée par celui-ci par rapport à l'écoulement. De chaque côté, par rapport à la direction
 25 d'écoulement S du fluide extérieur, de chaque tube 1 est ainsi formé dans chaque ailette 2, un canal de guidage 3a, 3b, de section droite semi-circulaire (comme on le voit sur la figure 3). Les canaux de guidage 3a sont situés du côté gauche et les canaux de guidage 3b du côté droit de chaque tube 1.

30 Les canaux de guidage 3a, 3b sont tous formés dans le même sens à partir du plan de chaque ailette 2. En outre, les canaux de guidage 3a, 3b correspondant aux côtés, situés en regard l'un de l'autre, de deux tubes avoisinants 1 d'une rangée de tubes sont disposés sur les parties, situées entre ces deux tubes 1, du
 35 plan de chaque ailette 2.

Comme on le voit sur la figure 2, les deux éléments de canaux de guidage 3a, 3b prévus dans les ailettes 2 dans la région de chaque paroi extérieure de tube 1, sont, dans le plan de chaque ailette, parallèles à la paroi extérieure des tubes 1 correspon-
 40 dants, de sorte que chaque canal de guidage 3a, 3b occupe dans le

plan de l'ailette un segment de couronne circulaire. En outre, les canaux de guidage 3a, 3b sont disposés concentriquement par rapport au tube 1, chacun des deux canaux de guidage 3a, 3b, prévus dans la région de chaque paroi extérieure de tube, dans une ailette 2, s'étendant dans le plan de l'ailette suivant un angle au centre φ d'environ 140° , comme on le voit sur la figure 2.

Les deux canaux de guidage 3a, 3b prévus dans les ailettes 2 dans la région de chaque paroi extérieure de tube 1 sont réalisés sous forme symétrique l'un de l'autre, par rapport au plan médian Y de tube parallèle à la direction d'écoulement S et perpendiculaire au plan des ailettes, ainsi que par rapport au plan médian Z de tube perpendiculaire à la direction d'écoulement S et perpendiculaire au plan des ailettes.

Chaque canal de guidage 3a et 3b est subdivisé en deux éléments de canal $3a_1$, $3a_2$ et $3b_1$, $3b_2$, les parties de surface d'ailettes situées entre les deux éléments de canal avoisinants $3a_1$, $3a_2$ et $3b_1$, $3b_2$ de chaque canal 3a et 3b, se trouvant dans le plan de l'ailette. La figure 2 montre aussi que chaque ouverture d'entrée 5a et chaque ouverture de sortie 5b de chaque canal de guidage et, de même, les deux ouvertures intermédiaires 6, situées en face l'une de l'autre, de deux éléments avoisinants $3a_1$, $3a_2$ et $3b_1$, $3b_2$ de chaque canal de guidage 3a et 3b, sont constituées par des entailles 7 formées dans les ailettes, radialement par rapport à l'axe X de chaque tube 1.

La largeur B, mesurée perpendiculairement à l'axe X du tube, de chaque canal de guidage 3a, 3b et sa hauteur H sont les mêmes sur toute la longueur du canal, comme on peut le voir aussi sur la figure 2. La hauteur H des canaux de guidage 3a, 3b est légèrement supérieure à la moitié de l'espacement T des ailettes 2, mais inférieure à cet espacement T. D'autre part, la largeur B, mesurée perpendiculairement à l'axe X du tube, de chaque canal de guidage 3a, 3b et l'espacement extérieur minimal A de deux tubes 1 sont à peu près dans le rapport 1/4.

Les ailettes 2, disposées l'une au-dessus de l'autre, présentent toutes les mêmes caractéristiques géométriques et leurs canaux de guidage 3a, 3b, ainsi que les éléments $3a_1$, $3a_2$, $3b_1$, $3b_2$, de ceux-ci, sont disposés respectivement l'un au-dessus de l'autre.

Sur les figures 1 et 2, on a indiqué, par des lignes de courant dessinées en trait interrompu, les conditions d'écoulement

du fluide extérieur dans les deux échangeurs thermiques à tubes à ailettes.

Comme on le voit sur la figure 1, dans l'échangeur thermique connu à ailettes 2 absolument planes, il se forme des trous d'écoulement dans les régions périphériques des tubes 1 situées en aval, ceux-ci suivant la direction d'écoulement S, c'est-à-dire dans les ombres portées par les tubes 1 par rapport à l'écoulement; ces trous d'écoulement ont été représentés en pointillé. Dans ces trous d'écoulement, qui ne sont pas parcourus par l'écoulement principal, le mouvement du fluide extérieur est relativement faible, il ne s'y forme que des tourbillons de faible intensité. D'autre part, le long des parois extérieures des tubes et le long des surfaces extérieures des ailettes se forment des couches limites laminaires relativement importantes de grande épaisseur. De ces deux particularités, il résulte que les coefficients locaux de transmission calorifique sont plus ou moins faibles; l'échange thermique n'est pas satisfaisant, en particulier dans les régions superficielles non touchées par l'écoulement principal.

Dans l'échangeur thermique conforme à l'invention représenté sur les figures 2 et 3, il ne se forme plus de trous d'écoulement, comme le montrent nettement les lignes de courant de la figure 2. Le fluide extérieur est subdivisé par les canaux de guidage 3a, 3b, de chaque côté du tube 1, en trois courants partiels. Le premier courant partiel passe entre la paroi extérieure du tube 1 et les régions situées en regard de cette paroi, du canal de guidage 3a, 3b correspondant. Le second courant partiel est guidé à l'intérieur du canal de guidage 3a ou 3b dans la zone, du pourtour du tube, qui se trouve dans l'ombre portée de ce tube par rapport à l'écoulement en pénétrant dans ledit canal par l'ouverture d'entrée 5a et en sortant par l'ouverture de sortie 5b. Le troisième courant partiel enfin passe le long du côté, situé à l'opposé du tube 1, du canal de guidage 3a, 3b. Dans ces conditions, le fluide extérieur est amené par les canaux de guidage 3a, 3b, dans les régions périphériques, situés en aval de chaque tube par rapport à la direction d'écoulement S, et dans les régions superficielles avoisinantes des ailettes 2, ce qui assure en ces deux emplacements un échange thermique relativement important, notamment par convection.

Les coefficients de transmission calorifique sont d'autre part augmentés, dans l'échangeur thermique à tubes à ailettes de la figure 2, par le fait qu'il ne se forme pas, le long des parois extérieures des tubes et des surfaces extérieures des ailettes, de

couches limites laminaires, susceptibles de perturber les conditions d'échange thermique, ou en tous cas que de telles couches ne peuvent se former qu'en des régions de faibles surfaces et sous des épaisseurs relativement faibles. Les ouvertures d'entrée, de sortie et intermédiaires 5a, 5b, 6 des canaux de guidage 3a, 3b, forment en effet de nombreuses arêtes, au niveau desquelles le fluide extérieur qui passe entre les ailettes 2 se trouve subdivisé de manière répétée. Autrement dit, les couches limites laminaires qui peuvent se créer sur le trajet de l'écoulement sont continuellement interrompues et rendues plus minces. Dans ces conditions, du fait qu'un grand nombre de petits tourbillons se produisent sur les arêtes précitées, le fluide extérieur subit un brassage intense à son passage le long des parois extérieures des tubes 1 et des surfaces extérieures des ailettes 1. Par conséquent, l'échange thermique entre les fluides extérieur et intérieur est relativement important.

Une influence avantageuse supplémentaire sur l'échange thermique est que la hauteur H des canaux de guidage 3a, 3b est légèrement supérieure à la moitié de l'espacement T des ailettes, mais inférieur à cet espacement T. Dans ces conditions, le fluide extérieur qui passe entre les ailettes 2 peut s'écouler aussi au-dessus des canaux de guidage 3a, 3b, de sorte que la totalité des régions superficielles extérieures de ces canaux participe à l'échange thermique.

Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes d'application et de réalisation qui ont été plus spécialement envisagés ; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

REVENDICATIONS

1. Echangeur thermique à tubes à ailettes, comportant un tube ou plusieurs tubes disposés selon au moins une rangée de tubes, d'axes parallèles disposés à une certaine distance latéralement l'un de l'autre, notamment des tubes de section droite extérieure circulaire, sur lequel ou sur lesquels tubes sont fixées des ailettes, en contact de tous côtés avec la paroi extérieure de chaque tube, disposées perpendiculairement à l'axe de celui-ci, et à la même distance l'une de l'autre, ce ou ces tubes étant lâchés, perpendiculairement à leurs axes, par un écoulement de fluide extérieur, tandis qu'à l'intérieur des tubes se trouve un fluide intérieur, en relation d'échange thermique avec le fluide extérieur et que les ailettes comportent des empreintes destinées à guider le fluide extérieur qui circule entre elles, lequel échangeur thermique est caractérisé en ce qu'à partir du plan de chaque ailette (2), dans la région de celle-ci avoisinant la paroi extérieure du tube (1), est formé, de chaque côté, par rapport à la direction d'écoulement (S) du fluide extérieur, du tube, un canal de guidage (3a, 3b) de section de préférence à peu près semi-circulaire, destiné à guider l'écoulement de fluide à l'intérieur de ce canal, pour l'amener dans la région périphérique du tube, dans l'ombre portée par celui-ci par rapport à l'écoulement, tous ces canaux de guidage de toutes les ailettes étant formés dans le même sens à partir des plans des ailettes.
2. Echangeur thermique selon la revendication 1, comportant plusieurs tubes disposés selon au moins une rangée de tubes d'axes parallèles, situés à une certaine distance latéralement l'un de l'autre, caractérisé en ce que les tubes (1) disposés côte à côte sont tous traversés par des ailettes (2) communes, dans lesquelles, à partir du plan de chaque ailette, dans la région de celle-ci avoisinant le tube, est formé, de chaque côté, par rapport à la direction d'écoulement du fluide extérieur, du tube, un canal de guidage (3a, 3b), de section droite de préférence à peu près circulaire, destiné à guider l'écoulement de fluide extérieur à l'intérieur de ce canal pour l'amener dans la région périphérique du tube, dans l'ombre portée par celui-ci par rapport à l'écoulement, tous ces canaux de guidage de toutes les ailettes étant formés dans le même sens à partir des plans des ailettes et les canaux de guidage correspondant aux côtés en regard de deux tubes avoisinants d'une rangée de tubes se trouvant sur les parties,

situées entre les deux tubes, du plan de l'ailette correspondante.

3. Echangeur thermique selon la revendication 2, caractérisé en ce que les tubes (1) des diverses rangées de tubes successives sont décalés les uns par rapport aux autres d'une rangée à l'autre.

4. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les deux canaux de guidage (3a, 3b), prévus dans les ailettes (2), dans la région de chaque paroi extérieure d'un tube (1), sont disposés, dans le plan de chaque ailette, à peu près parallèlement à la paroi extérieure du tube et concentriquement par rapport à l'axe (X) de ce tube.

5. Echangeur thermique selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'à chacun des deux canaux de guidage (3a, 3b), prévus dans les ailettes (2) dans la région de chaque paroi extérieure d'un tube (1), correspond, dans le plan d'une ailette, un angle au centre (γ) compris à peu près entre 130 et 160°, de préférence à peu près entre 135 et 145°.

6. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les deux canaux de guidage (3a, 3b) prévus dans une ailette (2) dans la région de chaque paroi extérieure de tube (1) sont réalisés sous forme essentiellement symétrique l'un de l'autre par rapport au plan médian (Y) dirigé dans le sens (S) de l'écoulement, et perpendiculairement au plan de l'ailette, du tube.

7. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les deux canaux de guidage (3a, 3b) prévus dans une ailette (2) dans la région de chaque paroi extérieure de tube (1) sont réalisés sous forme essentiellement symétrique l'un de l'autre par rapport au plan médian (Z), dirigé perpendiculairement au sens (S) de l'écoulement et perpendiculairement au plan de l'ailette.

8. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les ouvertures d'entrée (5a) et de sortie (5b) des deux canaux de guidage (3a, 3b) prévus dans une ailette (2) dans la région de chaque paroi extérieure de tube (1) sont constitués par des entailles (7) dirigées dans l'ailette à peu près radialement par rapport à l'axe (X) d'un tube.

9. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, notamment comportant plusieurs tubes disposés

selon au moins deux rangées de tubes alignés d'une rangée à l'autre, d'axes parallèles, disposés à une certaine distance latéralement l'un de l'autre, caractérisé en ce que chaque canal de guidage (3a, 3b) est subdivisé en au moins deux éléments (3a₁, 3a₂ ; 3b₁, 3b₂) de canal, la région de raccordement (4) située entre deux éléments avoisinants d'un canal de guidage étant située dans le plan de l'ailette.

10. Echangeur thermique selon la revendication 9, caractérisé en ce que les deux ouvertures intermédiaires (6), situées en regard l'une de l'autre, de deux éléments avoisinants (3a₁, 3a₂; 3b₁, 3b₂) d'un canal de guidage (3a, 3b) sont constituées par deux entailles (7) dirigées dans l'ailette (2) à peu près radialement par rapport à l'axe (X) d'un tube (1).

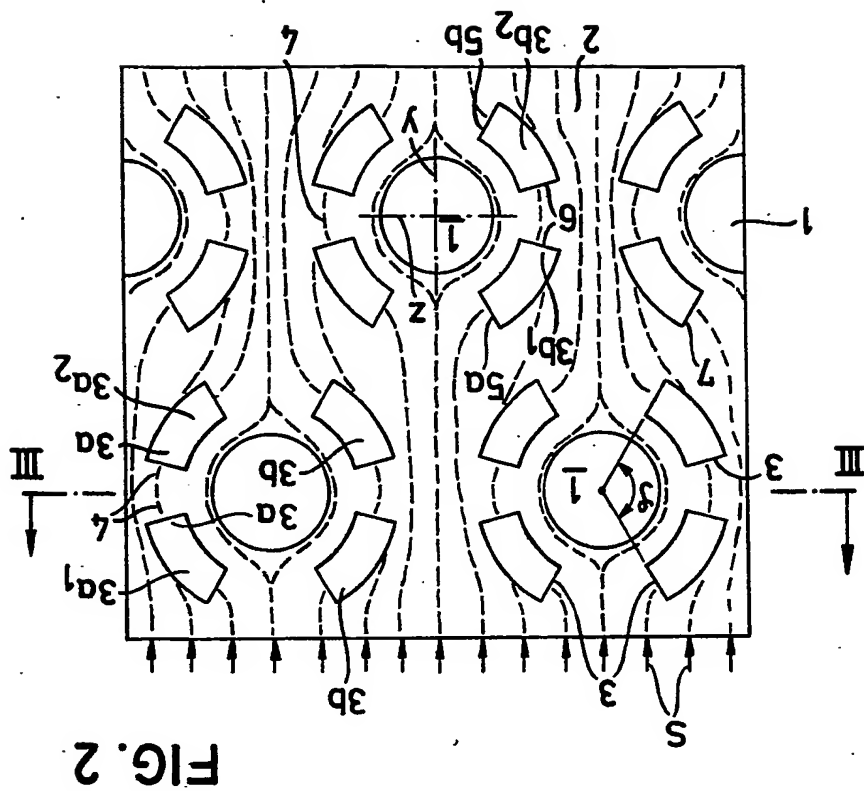
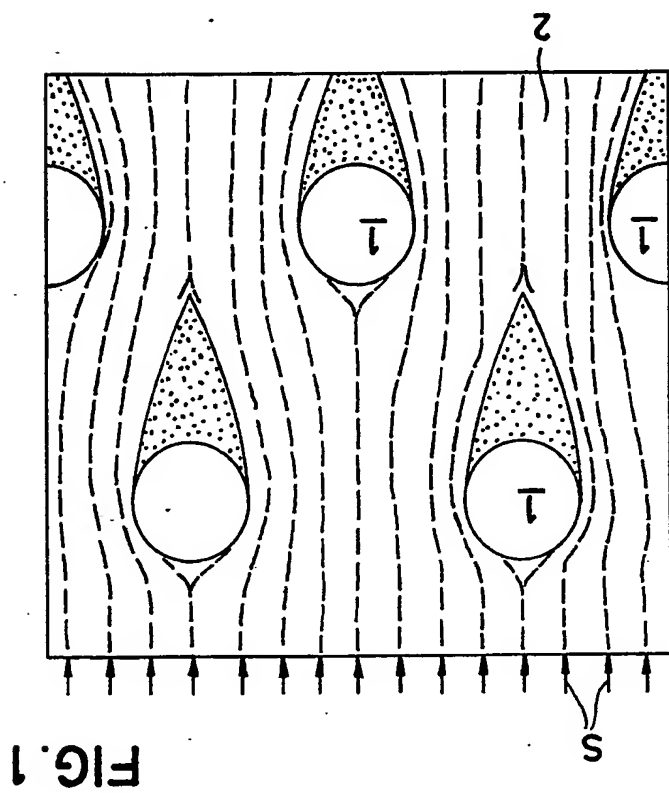
11. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les ailettes (2) disposées l'une au-dessus de l'autre présentent toutes les mêmes caractéristiques géométriques et que leurs canaux de guidage (3a, 3b) correspondants, y compris leurs éléments de canaux séparés (3a₁, 3a₂, 3b₁, 3b₂) éventuellement prévus sont disposés respectivement l'un au-dessus de l'autre.

12. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la hauteur (H) de chaque canal de guidage (3a, 3b) est au moins égale à la moitié de la distance (T) séparant les ailettes (2).

13. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la hauteur (H) de chaque canal de guidage (3a, 3b) est au plus égale à la distance (T) entre ailettes (2).

14. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la largeur (B), mesurée perpendiculairement à l'axe (X) d'un tube (1), de chaque canal de guidage (3a, 3b) et sa hauteur (H), sur toute la longueur du canal, sont essentiellement égales.

15. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications 2 à 14, caractérisé en ce que la largeur (B), mesurée perpendiculairement à l'axe (X) d'un tube (1), de chaque canal de guidage (3a, 3b) et l'espacement extérieur minimal (A) de deux tubes avoisinants sont dans un rapport compris entre à peu près 1/5 et 1/3.



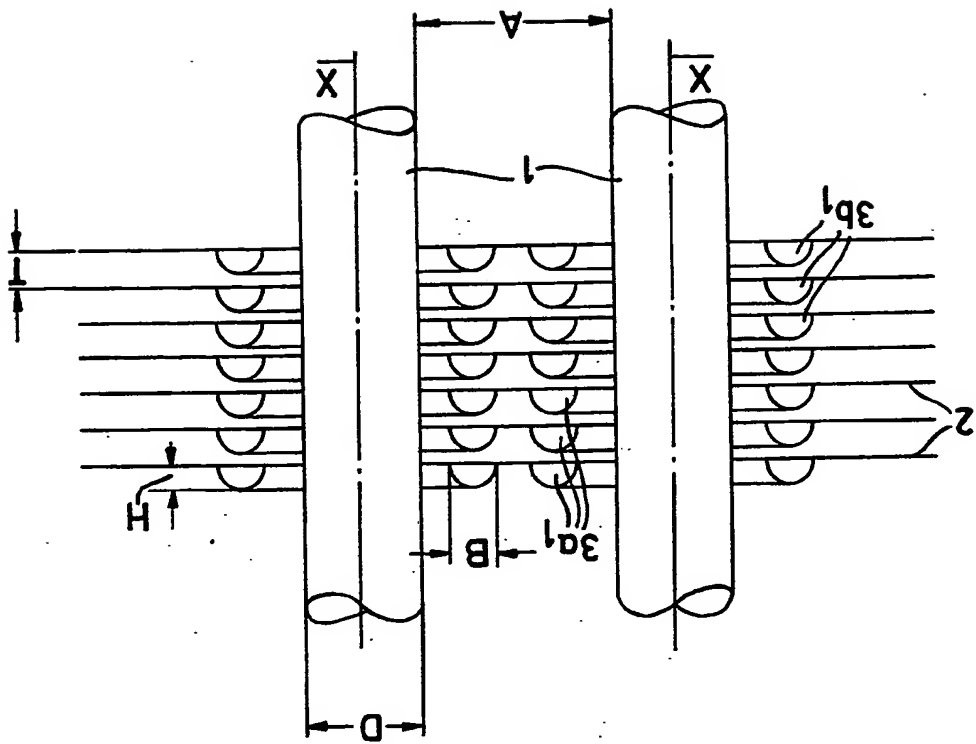


FIG. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.